

A Base Nacional Comum Curricular Computação no Ensino Médio à luz do Ensino das Ciências: uma análise interpretativa por meio da Análise Textual Discursiva

The Brazilian National Common Curriculum Base for Computing in High School in light of Science Education: an interpretative analysis through Discursive Textual Analysis

Diego Rafael Ferreira de Oliveira ^a

^a Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Brasil.

Resumo. A incorporação da Computação na educação básica tem se consolidado como um desafio curricular e pedagógico, especialmente no âmbito do Ensino das Ciências. No contexto brasileiro, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) Computação para o Ensino Médio explicita competências e habilidades que atravessam dimensões técnicas, investigativas, éticas e colaborativas, demandando leituras interpretativas que ultrapassem uma compreensão instrumental da tecnologia. Este estudo tem como objetivo interpretar a BNCC Computação à luz do Ensino das Ciências, analisando suas competências, habilidades, explicações e exemplos pedagógicos, de modo a evidenciar eixos formativos e possibilidades de articulação entre a Computação e as práticas investigativas, críticas e colaborativas da educação científica. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de natureza documental, cujo corpus é constituído exclusivamente pelo texto oficial da BNCC Computação Ensino Médio. A análise foi conduzida por meio da Análise Textual Discursiva, seguindo as etapas de unitarização, categorização e produção do metatexto interpretativo. Os resultados revelam quatro eixos centrais: Computação como instrumento de resolução de problemas e investigação científica; Segurança digital, ética e confiabilidade da informação; Competências digitais para gestão, pesquisa e comunicação; e Práticas profissionais e colaborativas de projetos digitais. Conclui-se que a BNCC Computação apresenta potencial formativo para ressignificar o Ensino das Ciências, ao posicionar a Computação como mediadora de práticas investigativas, críticas e colaborativas na educação científica.

Palavras-chave:

Currículo Integrado, Educação Científica, Letramento Digital, Pensamento Computacional, Práticas Investigativas.

Submetido em

28/12/2025

Aceito em

14/07/2026

Publicado em

29/08/2026

Abstract. The incorporation of Computer Science into basic education has become a curricular and pedagogical challenge, especially in the field of Science Education. In the Brazilian context, the National Common Curricular Base (BNCC) for Computer Science in High School explicitly outlines competencies and skills that encompass technical, investigative, ethical, and collaborative dimensions, requiring interpretive readings that go beyond an instrumental understanding of technology. This study aims to interpret the BNCC Computer Science in light of Science Education, analyzing its competencies, skills, explanations, and pedagogical examples, in order to highlight formative axes and possibilities for articulation between Computer Science and the investigative, critical, and collaborative practices of science education. This is a qualitative, documentary research study, whose corpus consists exclusively of the official text of the BNCC Computer Science for High School. The analysis was carried out using Discursive Textual Analysis, following the stages of unitization, categorization, and production of the interpretive metatext. The results reveal four central axes: Computing as a tool for problem-solving and scientific research; Digital security, ethics, and information reliability; Digital skills for management, research, and communication; and Professional and collaborative practices in digital projects. It is concluded that the BNCC (Brazilian National Curriculum Base) Computing presents formative potential to redefine Science Education, by positioning Computing as a mediator of investigative, critical, and collaborative practices in science education.

Keywords:

Integrated Curriculum, Science Education, Digital Literacy, Computational Thinking, Investigative Practices.

Introdução

Nas últimas décadas, a crescente presença das tecnologias digitais na vida social, científica e produtiva tem reconfigurado profundamente as formas de produzir, comunicar e validar o conhecimento. No campo educacional, esse movimento tem tensionado currículos escolares, exigindo que a escola vá além da mera transmissão de conteúdos e passe a incorporar práticas formativas alinhadas às demandas cognitivas, éticas e epistemológicas da sociedade contemporânea. No âmbito do Ensino das Ciências, tais transformações são particularmente relevantes, uma vez que a própria produção científica passou a depender, de forma intensiva, de processos computacionais relacionados à modelagem, à simulação, à análise de dados e ao trabalho colaborativo em rede (Wing, 2019).

É nesse cenário que a Computação emerge como um campo formativo estratégico, não apenas enquanto conjunto de técnicas ou ferramentas, mas como linguagem epistemológica capaz de mediar modos específicos de pensar, investigar e resolver problemas complexos. Estudos internacionais têm apontado que a incorporação do Pensamento Computacional em contextos científicos favorece a compreensão conceitual, a formulação de hipóteses, o raciocínio sistêmico e a tomada de decisões fundamentadas em dados, aproximando os estudantes das práticas autênticas da ciência contemporânea (Grover & Pea, 2013; Weintrop et al., 2016). Dessa forma, integrar Computação e Ensino das Ciências implica reconhecer que aprender ciência hoje envolve também aprender a modelar fenômenos, lidar com incertezas, analisar grandes volumes de informação e comunicar resultados de maneira ética e colaborativa.

No contexto brasileiro, esse debate ganha contornos específicos a partir da homologação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que, ao longo de suas versões mais recentes, passou a explicitar a Computação como área formativa no Ensino Médio, articulada às demais áreas do conhecimento. A BNCC Computação propõe competências e habilidades (Brasil, 2022a) que atravessam dimensões técnicas, cognitivas, éticas e sociais, envolvendo resolução de problemas, segurança digital, gestão da informação, comunicação científica e trabalho colaborativo. No entanto, embora o documento tenha caráter normativo, sua interpretação pedagógica não é automática, exigindo leituras analíticas que considerem os sentidos subjacentes às competências, habilidades e exemplos pedagógicos ali explicitados.

Ainda que a BNCC constitua atualmente o principal documento orientador da educação básica brasileira, sua implementação e seus pressupostos curriculares têm sido amplamente debatidos na literatura especializada. Diferentes estudos problematizam aspectos relacionados à organização do currículo por competências e habilidades, aos processos de padronização curricular, às disputas em torno da definição do conhecimento escolar e às implicações das políticas curriculares para a autonomia docente e para a formação humana (Dourado & Siqueira, 2019; Macedo, 2014, 2015). Tais discussões evidenciam que documentos curriculares não constituem textos neutros, mas produções históricas e políticas atravessadas por múltiplas disputas de sentidos acerca da educação, do conhecimento e dos projetos de sociedade que se pretende construir.

Nesse contexto, parte da literatura identifica na BNCC uma concepção formativa de caráter instrumental, pragmático e utilitarista, associada à valorização de competências consideradas estratégicas para a inserção dos sujeitos em dinâmicas produtivas contemporâneas. Sob essa perspectiva, autores apontam aproximações entre o documento e demandas vinculadas à racionalidade neoliberal, enfatizando possíveis alinhamentos entre currículo, mercado de trabalho e interesses empresariais (Leal & Lima, 2021; Oliveira et al., 2023). Em contrapartida, outros estudos destacam que a BNCC busca estabelecer referenciais comuns de aprendizagem e competências consideradas essenciais para a formação de cidadãos capazes de atuar de forma crítica, produtiva e participativa em sociedades complexas e globalizadas, alinhando-se às chamadas competências para o século XXI (Costin & Pontual, 2020; Melo & Gama, 2022).

Outro eixo recorrente de debate refere-se aos processos de regulação e padronização curricular associados à BNCC. Diferentes autores argumentam que a definição de competências e habilidades obrigatórias tende a fortalecer movimentos de homogeneização curricular, reduzindo margens de adaptação às especificidades locais e às diversidades socioculturais presentes nos contextos educacionais brasileiros (Betin & Antônio, 2023). Nessa mesma direção, o documento é descrito como excessivamente prescritivo e operacional, tendo sido elaborado a partir de processos decisórios considerados pouco participativos por parte de alguns segmentos da comunidade educacional (Betin & Antônio, 2023; Fritsch et al., 2022).

Ademais, estudos apontam articulações entre a BNCC e políticas de avaliação em larga escala, responsabilização e monitoramento por indicadores de desempenho, elementos frequentemente associados ao fortalecimento de lógicas gerenciais e tecnocráticas na educação (Betin & Antônio, 2023). Como consequência, diferentes análises alertam para possíveis impactos sobre a autonomia docente, destacando o risco de redução do professor à condição de executor de metas e prescrições curriculares previamente definidas, em detrimento de práticas pedagógicas contextualizadas, críticas e socialmente situadas (Dias, 2021).

O presente estudo, entretanto, não se propõe a avaliar a BNCC enquanto política curricular nem a tomar posição diante das diferentes interpretações presentes nesse debate. Reconhecendo a legitimidade e a relevância dessas discussões, o foco analítico desta investigação recai sobre a BNCC Computação como documento curricular e sobre os sentidos formativos que emergem de suas competências, habilidades, explicações e exemplos pedagógicos quando interpretados à luz do Ensino das Ciências. Nessa perspectiva, busca-se compreender as potencialidades, interfaces e possibilidades de articulação que o documento estabelece com práticas investigativas, críticas e colaborativas próprias da educação científica contemporânea.

Nesse sentido, pesquisas na área de currículo e Ensino das Ciências têm alertado para os riscos de uma apropriação reducionista da Computação, restrita ao uso instrumental de tecnologias ou ao ensino isolado de programação. Autores como Selwyn (2016) e Voogt et al. (2015) destacam que a efetiva integração da Computação ao currículo científico requer uma compreensão ampliada de seus fundamentos conceituais e de suas implicações

epistemológicas, éticas e pedagógicas. Essa perspectiva demanda investigações que analisem como documentos curriculares estruturam determinadas visões de ciência, tecnologia, aprendizagem e formação humana, especialmente quando se trata de áreas emergentes e transversais.

No campo metodológico, abordagens qualitativas de natureza interpretativa têm se mostrado particularmente fecundas para compreender documentos curriculares como produções discursivas, atravessadas por disputas de sentidos, concepções de ensino e projetos formativos. A Análise Textual Discursiva (ATD), proposta por Moraes e Galiuzzi (2016), destaca-se nesse contexto por possibilitar a construção progressiva de significados a partir da fragmentação, reorganização e interpretação recursiva do texto, sem reduzir o corpus a categorias prévias ou leituras meramente descritivas. Tal abordagem tem sido amplamente utilizada em pesquisas em Educação em Ciências para interpretar políticas curriculares, práticas pedagógicas e produções discursivas complexas.

Apesar do avanço das discussões sobre Computação na educação básica, observa-se ainda uma lacuna na literatura no que diz respeito à análise sistemática da BNCC Computação a partir do referencial do Ensino das Ciências. Em especial, carecem estudos que investiguem de que maneira as competências e habilidades propostas no documento dialogam com práticas investigativas, epistemológicas e pedagógicas próprias da Física, da Química e da Biologia. Diante dessa lacuna, coloca-se a seguinte questão de pesquisa: Como a BNCC Computação para o Ensino Médio, quando analisada à luz do Ensino das Ciências, revela eixos formativos e possibilidades de articulação com práticas investigativas, críticas e colaborativas da educação científica?

Com base nessa questão, o objetivo deste artigo é interpretar a BNCC Computação para o Ensino Médio à luz do Ensino das Ciências, analisando suas competências, habilidades, explicações e exemplos pedagógicos, de modo a evidenciar eixos formativos e possibilidades de articulação entre a Computação e as práticas investigativas, críticas e colaborativas da educação científica. Parte-se da hipótese de que o documento curricular, ao ser analisado de forma interpretativa, revela potencialidades pedagógicas que ultrapassam uma concepção instrumental da tecnologia, posicionando a Computação como mediadora do fazer científico escolar.

Para alcançar esse objetivo, desenvolveu-se uma pesquisa qualitativa, de natureza documental, tendo como corpus exclusivo o texto oficial da BNCC Computação Ensino Médio, analisado a partir das etapas recursivas da ATD. A investigação dialoga com referenciais contemporâneos da Educação em Ciências, do Pensamento Computacional e dos estudos curriculares, buscando contribuir para a compreensão crítica do papel da Computação na formação científica dos estudantes.

O artigo está organizado da seguinte forma: após esta introdução, apresenta-se a revisão da literatura, o percurso metodológico da pesquisa, detalhando a abordagem qualitativa, o corpus analisado e as etapas da Análise Textual Discursiva. Em seguida, são discutidos os resultados, organizados em categorias interpretativas que evidenciam os principais eixos de articulação entre a BNCC Computação e o Ensino das Ciências. Por fim, a conclusão

sintetiza os achados do estudo, aponta suas contribuições para o campo da Educação Científica e indica possibilidades para investigações futuras.

Referencial Teórico

A incorporação da Computação na educação básica vem sendo discutida internacionalmente como resposta a transformações no modo como a sociedade produz conhecimento, trabalho e participação cidadã em ambientes mediados por dados, algoritmos e plataformas digitais. Nesse cenário, a escola é convocada a ampliar repertórios formativos que ultrapassem o uso instrumental de tecnologias, incluindo competências de modelagem, análise de dados, automação, comunicação científica e colaboração em projetos digitais.

Um conceito central nesse movimento é o Pensamento Computacional (PC), frequentemente compreendido como um conjunto de práticas cognitivas e epistêmicas (por exemplo: decomposição, abstração, generalização, depuração, iteração e construção de modelos) mobilizadas para formular problemas e produzir soluções representáveis de modo sistemático (Wing, 2006).

Contudo, a literatura também alerta para ambiguidades conceituais: o PC não deve ser reduzido à “programação” nem convertido em um rótulo genérico para qualquer atividade com computadores. Ao problematizar tais reducionismos, Denning (2017) argumenta que persistem “pontos de tensão” nas definições de PC, o que exige delimitações mais rigorosas quando o conceito é transposto para políticas curriculares, formação docente e avaliação educacional.

No âmbito da pesquisa educacional, revisões de alto impacto evidenciam que o PC se consolidou como campo plural, com múltiplas definições, instrumentos e desenhos didáticos. Shute et al. (2017) sistematizam esse debate ao mostrar que o PC tem sido descrito por construtos variados (habilidades, disposições, práticas), demandando coerência entre objetivos de aprendizagem, tarefas propostas e critérios de avaliação.

Essa discussão é particularmente relevante quando se pretende articular PC ao Ensino das Ciências, pois, nessa interface, o que está em jogo não é apenas aprender sobre computação, mas mobilizar repertórios computacionais para sustentar práticas científicas escolares (formular hipóteses, modelar sistemas, explorar evidências, interpretar resultados e comunicar conclusões).

Pensamento computacional como prática epistêmica nas Ciências da Natureza

A aproximação entre Computação e Ciências se fortalece à medida que a produção contemporânea de conhecimento científico se apoia em modelagem computacional, simulação, análise de dados e visualização. Do ponto de vista didático, essa integração pode favorecer a aprendizagem de conceitos complexos (por exemplo, sistemas dinâmicos, fenômenos multicausais e processos de difícil observação direta), além de aproximar o estudante de formas autênticas de raciocínio científico.

Revisões recentes sobre apoio docente para integrar PC em contextos escolares reforçam que a efetividade dessas propostas depende menos da presença de “ferramentas” e mais de condições pedagógicas e formativas: clareza de objetivos, tarefas alinhadas ao currículo, mediação docente, tempo para projetos, avaliação formativa e infraestrutura mínima (Liu et al., 2024).

Em paralelo, estudos que analisam a formação de professores indicam que a integração do PC requer desenvolvimento de competências pedagógicas específicas (planejar atividades, conduzir investigação com dados, promover colaboração, discutir ética e validar resultados), o que aponta para a necessidade de políticas e programas de formação inicial e continuada coerentes com essa agenda (Listiaji & Molnár, 2025).

Um caminho teórico-metodológico recorrente na literatura para compreender e avaliar o desenvolvimento do PC em atividades escolares é a perspectiva que o descreve por dimensões complementares (conceitos, práticas e perspectivas). Brennan e Resnick (2012), ao investigarem produções estudantis em design de mídia interativa, propõem um quadro que tem sido amplamente mobilizado para analisar evidências de PC em artefatos (projetos) e processos (iterações, testes, depuração e refinamento).

Essa abordagem é especialmente produtiva para o Ensino de Ciências quando o foco está em projetos investigativos (por exemplo, criação de modelos, simulações, painéis de dados e relatórios digitais), pois permite observar o PC emergindo em ciclos de construção, validação e comunicação, elementos consonantes com práticas da própria ciência.

Currículo, políticas e a BNCC Computação como complemento normativo

No Brasil, a discussão curricular se intensifica com a regulamentação das Normas sobre Computação na Educação Básica como complemento à BNCC, instituídas pela Resolução CNE/CEB nº 1/2022 (Brasil, 2022b), acompanhada de documento orientador diagramado disponibilizado pelo Ministério da Educação. Esse marco normativo explicita possibilidades de implementação (como componente específico, abordagem transversal ou arranjos híbridos) e define competências e habilidades relacionadas à resolução de problemas, produção e avaliação de soluções, cultura digital, segurança, ética e colaboração.

Ao lado desse complemento, a Política Nacional de Educação Digital (PNED), instituída pela Lei nº 14.533/2023 (Brasil, 2023), reforça o compromisso do Estado brasileiro com letramentos digitais e formação cidadã, ampliando a centralidade de debates sobre dados, algoritmos e participação social.

A literatura de currículo e política educacional sugere que documentos normativos não “se traduzem” automaticamente em prática: eles operam como textos que carregam visões de mundo, prioridades e disputas de sentido. Desse modo, a análise de como a BNCC Computação enuncia competências, exemplifica práticas e orienta implementações torna-se estratégica para compreender seus efeitos potenciais nas áreas, inclusive no Ensino das Ciências.

Nessa chave, investigações recentes indicam que a integração de PC no cotidiano escolar tende a ser mais consistente quando: (i) há clareza do papel do PC no aprendizado disciplinar, (ii) as atividades se organizam em projetos com propósito, e (iii) o trabalho docente é sustentado por orientações curriculares interpretáveis e por formação continuada (Listiaji & Molnár, 2025; Liu et al., 2024).

Letramento de dados, avaliação e responsabilidade sociotécnica

Outro eixo que se impõe na interface entre Computação e Ciências é o letramento de dados. Em uma cultura científica cada vez mais orientada por dados, aprender Ciências implica também saber coletar, organizar, analisar, interpretar, comunicar e questionar evidências, incluindo limites e vieses.

Revisões sistemáticas e estudos de escopo mostram crescimento significativo de pesquisas em educação voltadas ao ensino de competências em dados, destacando, porém, lacunas: prevalência de abordagens voltadas a técnicas (gráficos, planilhas, métricas) em detrimento de dimensões críticas (ética, privacidade, justiça, implicações sociais) e dificuldades de implementação em currículos escolares (Ghodoosi et al., 2023; Witte et al., 2024).

Para o Ensino das Ciências, essa literatura é particularmente relevante porque a aprendizagem científica escolar pode ser fortalecida quando projetos digitais envolvem dados reais, questões sociocientíficas e análise crítica de evidências, ao mesmo tempo em que exigem discussão explícita de confiabilidade, validação e tomada de decisão informada.

No que se refere à avaliação, a diversidade de instrumentos e constructos para medir PC e competências correlatas também é um desafio. Revisões de instrumentos de avaliação de PC apontam heterogeneidade nos testes, rubricas e medidas baseadas em desempenho, o que reforça a necessidade de escolhas avaliativas coerentes com objetivos curriculares e com a natureza das tarefas (por exemplo, projetos, modelos, investigações orientadas por dados) (Ocampo et al., 2024). Para pesquisas que analisam documentos curriculares, esse debate contribui para interpretar como o currículo sugere evidências de aprendizagem (explícitas ou implícitas) e quais dimensões são privilegiadas ou sub-representadas.

Síntese crítica e lacuna de pesquisa

Em síntese, a literatura converge ao reconhecer que a integração da Computação ao Ensino das Ciências tem potencial para: (i) ampliar práticas investigativas por meio de modelagem, simulação e dados; (ii) promover aprendizagem ativa e colaborativa em projetos digitais; e (iii) fortalecer dimensões éticas e críticas associadas à cultura digital.

Contudo, persistem lacunas relevantes: apesar do avanço de marcos normativos e de revisões sobre PC e formação docente, ainda são necessários estudos que examinem, com rigor analítico, como documentos curriculares estruturam sentidos sobre a Computação quando ela atravessa áreas disciplinares e como isso pode orientar (ou limitar) práticas investigativas em Física, Química e Biologia.

Nessa direção, a análise sistemática do texto da BNCC Computação, considerando competências, habilidades e exemplos pedagógicos, torna-se um caminho para explicitar articulações, tensões e possibilidades formativas para o Ensino das Ciências.

Métodos

Abordagem da Pesquisa

A presente investigação caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa (Gil, 2021), de natureza documental (Sá-Silva et al., 2009), fundamentada na ATD (Moraes & Galiuzzi, 2016) como percurso metodológico de interpretação e produção de sentidos. A opção pela ATD justifica-se por seu potencial de compreender fenômenos educacionais complexos a partir da construção progressiva de significados, permitindo articular dimensões normativas, pedagógicas e epistemológicas do corpus analisado, sem reduzi-lo a uma leitura meramente descritiva ou categorial.

Corpus da Pesquisa

O corpus empírico da pesquisa é constituído exclusivamente pelo documento oficial BNCC Computação Ensino Médio. Foram analisadas as competências específicas da área, suas respectivas habilidades, as explicações e os exemplos pedagógicos explicitados no documento, compreendidos como produções discursivas que expressam concepções de ensino, aprendizagem, ciência, tecnologia e formação humana. A escolha desse corpus justifica-se por seu caráter normativo e formativo, uma vez que a BNCC Computação orienta práticas curriculares que atravessam diferentes áreas do conhecimento, incluindo as Ciências da Natureza, demandando processos interpretativos que ultrapassem a leitura prescritiva do texto legal.

Questão Fenomenológica Orientadora

A análise foi conduzida a partir da seguinte questão fenomenológica: De que maneira a BNCC Computação para o Ensino Médio pode ser compreendida e interpretada no âmbito do Ensino das Ciências, considerando suas competências específicas, habilidades e exemplos pedagógicos? Essa questão orientou todo o percurso analítico, funcionando como eixo articulador entre o corpus documental e o campo do Ensino das Ciências, evitando leituras fragmentadas e assegurando coerência entre objetivo, análise e produção do metatexto.

Procedimentos da Análise Textual Discursiva

O percurso metodológico adotado fundamentou-se rigorosamente nas três etapas recursivas da ATD: unitarização, categorização e produção do metatexto, conforme sistematizado por Moraes e Galiuzzi (2016). Tal percurso foi compreendido não como uma sequência linear e rígida de procedimentos, mas como um processo dinâmico e interpretativo, marcado por

constantes idas e vindas analíticas, nas quais o pesquisador revisita o corpus à luz das compreensões provisórias construídas ao longo da análise.

Na etapa de **unitarização**, o corpus empírico foi fragmentado em unidades de significado, preservando-se o vínculo com o contexto de produção dos dados e com os objetivos da investigação. Essas unidades constituíram elementos fundamentais para a emergência de sentidos, permitindo uma leitura aprofundada e sensível às nuances discursivas presentes nos dados.

Em seguida, procedeu-se à **categorização**, etapa caracterizada pela aproximação, comparação e reorganização das unidades de significado, culminando na construção de categorias analíticas progressivamente mais abstratas. Esse movimento ocorreu de forma recursiva, com categorias sendo constantemente revistas, refinadas e reconfiguradas à medida que novas relações interpretativas eram estabelecidas.

Por fim, a **produção do metatexto** configurou-se como um exercício de síntese interpretativa, no qual as categorias construídas foram articuladas teoricamente, dando origem a uma compreensão integrada do fenômeno investigado. O metatexto não se limitou à descrição dos dados, mas buscou explicitar novos sentidos, interpretações e compreensões emergentes, expressando o caráter construtivo, reflexivo e autoral da ATD enquanto método de análise qualitativa.

Unitarização do Corpus

Inicialmente, realizou-se uma leitura flutuante e exaustiva do documento da BNCC Computação Ensino Médio, com o objetivo de apreender seus sentidos globais. Na sequência, o texto foi fragmentado em Unidades de Significado, denominadas Unidades Empíricas (UE), identificadas por meio de códigos alfanuméricos padronizados. Esses códigos preservam o vínculo entre a unidade empírica e os diferentes elementos constitutivos do documento, a saber: Computação Ensino Médio, Competência Específica, Habilidade, Explicação da Habilidade ou Exemplo Pedagógico, conforme sistematizado no Quadro 1.

Quadro 1. Sistema de identificação e codificação das Unidades Empíricas da Base Nacional Comum Curricular Computação Ensino Médio.

DOCUMENTO	BNCC COMPUTAÇÃO					
IDENTIFICAÇÃO	Unidade Empírica	Computação Ensino Médio	Competência Específica	Habilidade	Explicação da Habilidade	Exemplo Pedagógico
SIGLA	UEn*	CEM	CEn*	Hn*	EHn*	EXPn*

n*: número inteiro que indica a ordem sequencial da unidade (ex.: UE01, UE02, ..., UEn), aplicando-se a mesma lógica de numeração à Competência Específica (CE), Habilidade (H), Explicação da Habilidade (EH) e Exemplo Pedagógico (EXP).
Fonte: elaborado pelo autor.

Como exemplificação do processo de codificação, têm-se: UE01CEMCE01 (Unidade Empírica 01 – Computação Ensino Médio – Competência Específica 01); UE05CEMH01 (Unidade Empírica 05 – Computação Ensino Médio – Habilidade 01); UE10CEMEH01

(Unidade Empírica 10 – Computação Ensino Médio – Explicação da Habilidade 01); e UE15CEMEXPO1 (Unidade Empírica 15 – Computação Ensino Médio – Exemplo Pedagógico 01).

As UE foram definidas a partir de excertos textuais que expressavam ideias completas e conceitualmente relevantes para a compreensão das relações entre a Computação e o Ensino das Ciências, envolvendo aspectos como resolução de problemas, modelagem, investigação científica, ética, segurança digital, gestão de dados, comunicação científica e trabalho colaborativo. Esse procedimento permitiu suspender a linearidade do texto normativo, favorecendo a emergência de novos sentidos interpretativos, sem comprometer a fidelidade ao corpus original.

Categorização: Movimento Progressivo e Emergente

Na etapa de categorização, as UE foram agrupadas por proximidade semântica, originando categorias iniciais, que expressavam ideias ainda descritivas e próximas do texto da BNCC. Posteriormente, essas categorias iniciais passaram por sucessivos refinamentos interpretativos, dando origem às categorias intermediárias, nas quais os sentidos começaram a se articular de forma mais abstrata e relacional.

O processo culminou na construção de quatro categorias finais, compreendidas como sínteses interpretativas que expressam eixos estruturantes da articulação entre a BNCC Computação e o Ensino das Ciências: I- Computação como instrumento de resolução de problemas, investigação científica e inovação; II- Segurança digital, ética e confiabilidade da informação; III- Competências digitais para gestão, pesquisa e comunicação; IV- Práticas profissionais e colaborativas de projetos digitais. Esse movimento de categorização não foi pré-definido, mas emergiu do diálogo contínuo entre o corpus, a questão fenomenológica e o referencial do Ensino das Ciências, respeitando o caráter indutivo e construtivo da ATD.

Produção do Metatexto

A etapa final consistiu na elaboração do metatexto, compreendido como um texto interpretativo de segunda ordem, no qual as categorias finais são discutidas de forma articulada ao campo do Ensino das Ciências. O metatexto não se limita a descrever as categorias, mas busca interpretar seus significados, evidenciando como a Computação, tal como proposta na BNCC, dialoga com práticas investigativas, epistemológicas e pedagógicas próprias da Física, da Química e da Biologia.

Nesse movimento, as categorias funcionam como lentes analíticas que permitem compreender a Computação como mediadora da investigação científica escolar, da análise crítica da informação, da produção e comunicação do conhecimento e da simulação de práticas profissionais, evitando reduzi-la a um uso meramente instrumental ou tecnológico.

Rigor Analítico e Validade Interpretativa

A validade do processo analítico foi assegurada pela explicitação criteriosa das etapas da ATD, pela rastreabilidade das UE até as categorias finais e pela coerência entre a questão

fenomenológica, o objetivo geral e o metatexto produzido. O movimento reflexivo e recursivo da análise permitiu evitar sobreposições conceituais e repetições desnecessárias entre categorias, garantindo que cada eixo interpretativo mantivesse identidade própria. Assim, a metodologia adotada sustenta a compreensão da BNCC Computação como um documento formativo que, ao ser interpretado a partir do Ensino das Ciências, revela potencialidades pedagógicas, epistemológicas e investigativas para a Educação Científica no Ensino Médio.

Com vistas a sintetizar e tornar visualmente inteligível o percurso metodológico adotado, a Figura 1 apresenta o esquema geral da pesquisa, evidenciando a articulação entre a abordagem qualitativa de natureza documental, a constituição do corpus analítico e as etapas recursivas da ATD.



Figura 1. Esquema do percurso metodológico da pesquisa, evidenciando a abordagem qualitativa e documental, o corpus analisado e as etapas recursivas da Análise Textual Discursiva, desde a unitarização até a produção do metatexto interpretativo. Fonte: elaborado pelo autor.

O esquema explicita o encadeamento lógico-metodológico que orientou a investigação, desde a leitura inicial e a unitarização do texto da BNCC Computação, passando pela categorização progressiva e pela construção dos eixos interpretativos, até a elaboração do metatexto final. Essa representação gráfica contribui para a compreensão da coerência interna do processo analítico, bem como para a visualização da rastreabilidade das Unidades Empíricas ao longo de todo o percurso interpretativo, reforçando o rigor analítico e a validade interpretativa da pesquisa.

Resultados e Discussão

Ao longo do percurso analítico, foram identificadas 31 Unidades Empíricas no processo de unitarização, das quais emergiram 31 Categorias Iniciais. Essas categorias foram sucessivamente reorganizadas e refinadas em 8 Categorias Intermediárias, culminando na construção de quatro Categorias Finais. Tais categorias sintetizam os principais eixos de articulação presentes na BNCC Computação para o Ensino Médio no contexto educacional, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2. Movimento efetivo de categorização conforme preconiza a Análise Textual Discursiva.

Unidade empírica	Categoria inicial	Categoria intermediária	Categoria final
UE01CEMCE01	Potencialidades e limites da computação na resolução de problemas	Computação aplicada à resolução e representação de problemas	Computação como instrumento de resolução de problemas, investigação científica e inovação
UE02CEMEXP01	Representação interdisciplinar e detalhamento de problemas		
UE05CEMCE03	Técnicas computacionais para problemas contemporâneos		
UE07CEMH02	Fundamentos, potencialidades e limites da Inteligência Artificial	Aplicações da computação na ciência e na tecnologia	
UE08CEMH03	Modelos computacionais e previsões no desenvolvimento científico		
UE09CEMEXP02	Modelos computacionais na simulação e avanço científico		
UE15CEMH07	Projetos de robótica com artefatos físicos e simuladores		
UE03CEMCE02	Análise crítica e segurança da informação em artefatos computacionais	Segurança, ética e cidadania digital	
UE04CEMEH01	Análise crítica e segurança no uso de tecnologias		
UE13CEMH05	Avaliação crítica da confiabilidade da informação digital		
UE30CEMEH07	Interação respeitosa e segura em ambientes virtuais	Uso ético e responsável das tecnologias digitais	Segurança digital, ética e confiabilidade da informação
UE14CEMH06	Interação usuário-artefato e qualidade da experiência digital		
UE16CEMEXP03	Rastreamento e análise da origem de fake News		
UE28CEMCE07	Ação ética e responsável com apoio da Computação		
UE29CEMEH06	Impactos do uso excessivo das tecnologias na saúde		
UE31CEMEH08	Respeito à Lei Geral de Proteção de Dados e ética no uso de dados digitais		

Unidade empírica	Categoria inicial	Categoria intermediária	Categoria final
UE10CEMEH02	Ferramentas digitais para gestão, prototipagem e análise de dados	Tecnologias digitais para gestão e pesquisa	Competências digitais para gestão, pesquisa e comunicação
UE12CEMH04	Representação e análise de dados digitais em pesquisas científicas		
UE11CEMCE04	Produção criativa e ética com técnicas computacionais	Criação, comunicação e uso crítico de conteúdos digitais	
UE19CEMH9	Gestão colaborativa de projetos com artefatos computacionais		
UE20CEMCE06	Comunicação criativa e ética com tecnologias da Computação		
UE21CEMH10	Comunicação clara de ideias complexas com objetos digitais		
UE22CEMH11	Produção e publicação de conteúdos em mídias digitais		
UE25CEMEH03	Produção crítica de conteúdos digitais e impacto social		
UE26CEMEH04	Síntese e correlação de ideias com recursos digitais		
UE27CEMEH05	Escolha crítica e uso inclusivo de ferramentas digitais		
UE17CEMCE05	Projetos colaborativos e soluções éticas com Computação	Colaboração de projetos digitais	Práticas profissionais e colaborativas de projetos digitais
UE18CEMH8	Redes virtuais para interação e projetos colaborativos		
UE23CEMEXP04	Trabalho colaborativo e defesa de soluções perante banca	Vivências profissionais com tecnologias digitais	
UE24CEMEXP04	Simulação escolar de práticas profissionais em redes sociais		
UE06CEMH01	Tecnologias digitais e suas aplicações no mundo do trabalho		

Fonte: elaborado pelo autor.

A primeira categoria, **Computação como instrumento de resolução de problemas, investigação científica e inovação**, evidencia o papel da área não apenas como suporte técnico, mas como campo epistemológico capaz de potencializar a aprendizagem ativa, a experimentação e a criação de soluções inovadoras para questões complexas. Em seguida, a categoria **Segurança digital, ética e confiabilidade da informação** ressalta a centralidade da formação crítica dos estudantes diante da sociedade digital, em que a proteção de dados, o enfrentamento às *fake news* e o uso responsável das tecnologias se tornam essenciais para a cidadania.

Já a categoria **Competências digitais para gestão, pesquisa e comunicação** aponta para a necessidade de desenvolver habilidades que favoreçam a autonomia intelectual, a produção e circulação do conhecimento, bem como a colaboração em diferentes espaços acadêmicos e profissionais. Por fim, a categoria **Práticas profissionais e colaborativas de projetos digitais**, destaca o potencial da Computação para simular situações reais do mundo do trabalho, fortalecendo a interdisciplinaridade, a cooperação entre pares e a inserção em práticas profissionais que integram criatividade, criticidade e responsabilidade social.

O metatexto resultante dessa categorização orienta-se pelo Ensino das Ciências como elemento estruturante, destacando como a Computação se articula com a Física, a Química

e a Biologia para potencializar práticas investigativas, críticas e colaborativas. Nessa perspectiva, a presença da BNCC Computação Ensino Médio não se reduz ao domínio técnico, mas assume papel formativo, capaz de ampliar a compreensão de fenômenos científicos, favorecer a análise e comunicação de dados e aproximar os estudantes de experiências que simulam o fazer científico. Ao integrar metodologias digitais, experimentais e interdisciplinares, evidencia-se um movimento de ressignificação do ensino, em que a ciência escolar é fortalecida por recursos computacionais que ampliam a autonomia, a criticidade e a capacidade criativa dos estudantes.

Antes de aprofundar a discussão das categorias finais, é importante explicitar que elas constituem construções analíticas resultantes do diálogo entre o corpus documental, a questão fenomenológica orientadora e os referenciais teóricos mobilizados nesta investigação. Desse modo, as interpretações apresentadas não correspondem a descrições literais do texto da BNCC Computação para o Ensino Médio, mas a compreensões produzidas a partir de um processo interpretativo fundamentado na Análise Textual Discursiva. As categorias, portanto, configuram eixos de organização e interpretação do corpus, permitindo tornar visíveis regularidades, aproximações e sentidos emergentes que não se apresentam de forma explícita no documento analisado.

Computação como instrumento de resolução de problemas, investigação científica e inovação

Integrar Computação ao Ensino de Ciências da Natureza não é apenas utilizar tecnologia, mas incorporar um modo de investigar, modelar fenômenos, formular hipóteses, testar variáveis e iterar soluções, aproximando estudantes das práticas científicas contemporâneas. Essa perspectiva amplia o entendimento da Computação para além do caráter instrumental, conferindo-lhe o estatuto de linguagem epistemológica capaz de transformar a forma como o conhecimento científico é construído em sala de aula. Nesse sentido, a Computação passa a ser compreendida como mediadora da aprendizagem investigativa (Amorin, 2019), articulando conceitos disciplinares, habilidades cognitivas e práticas experimentais.

Quadros teóricos recentes reforçam essa visão. Por um lado, a taxonomia de *Computational Thinking* para Matemática e Ciências delineia práticas como manipulação de dados, modelagem e simulação, resolução algorítmica e pensamento sistêmico, um repertório que dialoga diretamente com os objetivos das Ciências da Natureza (Weintrop et al., 2016) e com as habilidades previstas na BNCC para o Ensino Médio. A presença dessas práticas nas atividades escolares possibilita que o estudante não apenas compreenda conteúdos, mas também desenvolva modos de raciocinar próximos aos que estruturam a própria ciência.

Por outro lado, o *Computational Thinking for Science*, mais comumente referido como Pensamento Computacional para Ciência, explicita como o raciocínio computacional emerge de maneira situada quando o estudante interage com ferramentas digitais para atingir metas de aprendizagem científica (Silva; Kurtz & Santos, 2020). Esse modelo enfatiza dimensões como a formulação de problemas investigáveis, a exploração de

simulações, a análise de grandes volumes de dados e a comunicação de resultados apoiada em recursos computacionais. Com isso, o CT-S fornece orientações não apenas para o desenho didático, mas também para a avaliação formativa e somativa, ao destacar evidências que devem ser observadas no processo de aprendizagem (Hurt et al., 2023).

Essa perspectiva se concretiza em diferentes áreas das Ciências da Natureza. Na Física, por exemplo, a literatura de revisão mostra evidências robustas de que simulações, como as da Plataforma *PhET*, elevam a compreensão conceitual quando integradas a abordagens ativas, tais como o ensino por investigação (Banda & Nzabahimana, 2021). Estudos comparativos clássicos entre experimentos virtuais e físicos indicam que os primeiros podem ser tão eficazes quanto, ou até superiores em cenários complexos (Silva & Mercado, 2019), sobretudo quando tornam acessíveis grandezas normalmente invisíveis, como fluxo de corrente elétrica ou campos eletromagnéticos. Além disso, pesquisas mostram que sequências híbridas (virtual → físico) potencializam a aprendizagem ao reduzir a sobrecarga de manipulações procedimentais iniciais e favorecer o foco conceitual, resultando em um processo mais claro e menos dispersivo (Zacharia & Jong, 2014).

Na Química, resultados semelhantes foram observados em laboratórios virtuais contextualizados, como o *ChemVLab+*, que demonstram ganhos expressivos em resolução de problemas e práticas investigativas, sobretudo quando as atividades virtuais sucedem a introdução de conceitos e envolvem trabalho individual (Davenport et al., 2018). De forma convergente, uma revisão sistemática da área confirma que laboratórios virtuais superam mídias passivas e apresentam efeitos iguais ou até superiores aos de práticas exclusivamente “mão na massa”, com resultados mais consistentes quando articulados a experiências físicas, reforçando, assim, a adoção de percursos híbridos (Chan et al., 2021).

Esses achados, tanto em Física quanto em Química, dialogam diretamente com a discussão anterior sobre a integração da Computação ao Ensino das Ciências por meio de práticas de modelagem, simulação e análise de dados. Ao explicitar como ferramentas computacionais favorecem a formulação de hipóteses, o teste de variáveis e a revisão de concepções, as evidências empíricas sustentam que a combinação entre ambientes virtuais e presenciais não apenas amplia a acessibilidade e a visualização de fenômenos complexos, mas também materializa princípios centrais do Pensamento Computacional.

Nessa mesma direção, a Biologia apresenta-se como um campo fértil para tais práticas, já que a modelagem e a simulação oferecem caminhos privilegiados para investigar sistemas complexos (Pereira & Sampaio, 2008), como ecossistemas, dinâmica populacional e processos genéticos, nos quais múltiplas variáveis interagem de forma não linear. Ao manipular parâmetros, analisar dados e observar padrões emergentes em simulações computacionais, os alunos exercitam o pensamento sistêmico, aprendem a lidar com a incerteza (Davis et al., 2015; Nogueira, 2025) e a variabilidade inerentes aos fenômenos biológicos, ao mesmo tempo em que constroem hipóteses e testam cenários que seriam inviáveis em um laboratório escolar tradicional, como prever os impactos de mudanças ambientais em uma comunidade ou simular o comportamento de populações sob diferentes pressões seletivas.

A partir desse potencial investigativo, o professor pode desenhar atividades que articulem objetivos conceituais, como compreender a Lei de Hardy-Weinberg ou a dinâmica predador-presa, e objetivos procedimentais, tais como coletar, organizar e interpretar dados oriundos de simulações. Essa integração amplia as possibilidades didáticas ao relacionar conteúdos abstratos a práticas concretas, favorecendo uma aprendizagem contextualizada. Assim, ao considerar a diversidade de fenômenos que permeiam as Ciências da Natureza, a Computação se reafirma como mediadora essencial do processo de ensino, engajando os estudantes em experiências autênticas de investigação científica e promovendo o desenvolvimento de competências científicas em múltiplos níveis.

Nesse cenário, estratégias híbridas que combinem recursos virtuais e físicos mostram-se fundamentais para potencializar a aprendizagem e aproximar a investigação escolar das práticas científicas (Lima et al., 2025; Sperotto et al., 2025). Enquanto os ambientes virtuais contribuem para reduzir a sobrecarga de manipulações procedimentais, permitindo que os estudantes foquem nos conceitos centrais, os experimentos físicos asseguram a vivência concreta, a manipulação de variáveis e o contato direto com a materialidade dos fenômenos. Essa complementaridade evidencia que o conhecimento científico não se restringe a um único tipo de experiência, mas emerge da articulação entre múltiplas formas de explorar, representar e validar ideias (Luz & Prudêncio, 2024).

Dessa forma, o ensino apoiado em Computação se afasta de uma lógica meramente conteudista e se aproxima de uma perspectiva formativa, centrada no desenvolvimento integral das competências científicas e investigativas. Nesse contexto, é imprescindível promover a formação crítica dos estudantes em relação ao uso das tecnologias, considerando princípios de segurança digital, ética nas interações e confiabilidade das informações, de modo a assegurar tanto a integridade pessoal quanto a validade do conhecimento produzido em ambientes digitais.

Segurança digital, ética e confiabilidade da informação

A categoria emerge como eixo central diante das demandas formativas da sociedade contemporânea, marcada pela circulação massiva de dados e informações que exige posturas críticas, éticas e responsáveis. No Ensino das Ciências, discutir proteção no ambiente digital, integridade ética e credibilidade das informações é fundamental para formar estudantes capazes de avaliar fontes, questionar resultados e agir com responsabilidade em um cenário em que os dados circulam de forma intensa e nem sempre confiável. No contexto do Ensino Médio, essa abordagem pode ser traduzida em práticas que aproximam os jovens dos dilemas reais da ciência e da vida digital, fortalecendo sua autonomia e senso crítico.

Na Física, um exemplo prático é o uso de simuladores digitais (como o *PhET*, já citado acima) para estudar circuitos elétricos (Candia et al., 2024; Silva & Patel, 2024; Sousa & Macêdo, 2024) ou o movimento de projéteis (Matias, 2019; Lavor & Oliveira, 2022; Silva & Souza, 2024). Esses recursos oferecem resultados automáticos, muitas vezes visualmente atrativos e de fácil manipulação, mas é fundamental discutir com os alunos que os dados apresentados pelos softwares são baseados em modelos matemáticos e pressupostos

definidos por programadores. Assim, trabalhar a confiabilidade das informações implica ensinar os estudantes a questionar as condições do modelo (Matos & Matos, 2024), compreendendo, por exemplo, que uma simulação de queda livre geralmente desconsidera a resistência do ar ou que um circuito virtual não apresenta problemas de mau contato nos fios, algo comum em situações reais de laboratório.

A partir dessa problematização, professores podem incentivar os alunos a comparar simulações com experimentos reais, analisando semelhanças, diferenças e limitações. Um exercício simples pode ser proposto ao pedir que os estudantes montem um circuito elétrico real e depois simulem a mesma configuração no ambiente digital, observando divergências nos valores medidos ou no comportamento dos componentes. Esse tipo de prática favorece não apenas a compreensão conceitual, mas também a consciência de que a ciência se constrói com base em dados passíveis de crítica, análise e verificação.

Além disso, tais discussões abrem espaço para introduzir noções de incerteza experimental e erro de medição (Ferreira, 2024), mostrando que, no mundo real, os resultados nunca são exatos e que a confiabilidade do dado científico está ligada à forma como ele é obtido, registrado e interpretado. Dessa maneira, a Física escolar contribui para que os estudantes compreendam a relação entre tecnologia, ética e confiabilidade científica, desenvolvendo competências essenciais para lidar com informações tanto no laboratório quanto no cotidiano digital.

Essa reflexão sobre a confiabilidade dos dados e a responsabilidade no seu uso também pode ser ampliada para o campo da produção científica em larga escala. Grandes colaborações internacionais, como as da *European Organization for Nuclear Research*, enfrentam desafios éticos relacionados à autoria e à responsabilidade coletiva em artigos que reúnem centenas ou até milhares de colaboradores. Esse tipo de prática, como discute Birnholtz (2006), pode dificultar o discernimento sobre a natureza e a extensão das contribuições individuais. Tal cenário serve de inspiração para reflexões em sala de aula sobre autoria e responsabilidade em trabalhos coletivos, permitindo que os estudantes compreendam a importância de critérios claros de participação e de reconhecimento em qualquer atividade científica ou educacional.

No Ensino de Química, abre-se um campo fértil para discutir ética e confiabilidade dos dados (Bedin & Pino, 2025). Essa discussão torna-se ainda mais significativa quando os alunos se deparam com resultados inesperados em experimentos sobre reações químicas, titulações ácido-base ou estudos de velocidade de reação, situações que exigem deles não apenas rigor metodológico, mas também postura ética na interpretação, no registro e na comunicação dos dados produzidos.

Trabalhar a ética científica nesse contexto significa mostrar que “ajustar” dados para que fiquem iguais aos do livro didático ou omitir resultados considerados “estranhos” é uma prática inadequada, que compromete a confiabilidade do conhecimento e vai contra os princípios da ciência (McCrary & Reiss, 2023). Ao contrário, o registro fiel dos dados, mesmo quando discrepantes, permite que os estudantes reflitam sobre os limites dos instrumentos, sobre possíveis erros sistemáticos ou acidentais e sobre a própria natureza da investigação científica, que se apoia em processos de tentativa, erro e revisão.

Nesse sentido, os professores podem promover atividades didáticas que enfatizem a importância da transparência metodológica e do reconhecimento dos erros. Por exemplo, após uma prática de titulação ácido-base, os estudantes podem ser convidados a comparar seus resultados com os de outros grupos, discutir as possíveis fontes de variação (contaminação de reagentes, dificuldades na observação do ponto de viragem do indicador, diferenças no manuseio da bureta) e propor estratégias de minimização desses problemas. Essas discussões ajudam a desenvolver competências de análise crítica e colaborativa, além de reforçar que a confiabilidade científica depende tanto da precisão quanto da honestidade no reporte dos dados (Lopes et al., 2025).

Estudos recentes têm mostrado que a falta de padronização e de clareza em relatórios experimentais é um dos principais fatores que comprometem a reprodutibilidade em Química (Ciriminna et al., 2024). Esse problema, que também afeta a pesquisa acadêmica, pode ser trabalhado de forma preventiva já na educação básica, incentivando os estudantes a elaborar relatórios completos, que descrevam condições experimentais, hipóteses de trabalho, limitações e possíveis melhorias. Ao adotar esse tipo de prática pedagógica, o Ensino de Química se alinha não apenas ao conteúdo curricular, mas também à formação ética e crítica dos estudantes, preparando-os para compreender a ciência como um processo coletivo, rigoroso e transparente.

Na Biologia, o debate sobre segurança digital e ética pode ser aproximado da realidade dos estudantes com exemplos relacionados a dados genéticos e privacidade. Em tempos de popularização de testes de ancestralidade genética (Fridman & Menezes, 2024) disponíveis em farmácias e pela internet, é possível problematizar: quem tem acesso a esses dados? Eles podem ser usados para fins comerciais ou discriminatórios? Esse tipo de discussão favorece o desenvolvimento de uma postura crítica sobre a coleta, o armazenamento e o uso de informações sensíveis, permitindo que os estudantes compreendam que a biotecnologia, além de avanços, traz também dilemas éticos (Meirelles et al., 2023).

Situações práticas em sala de aula podem incluir a análise de casos em que dados biológicos foram compartilhados sem consentimento adequado ou utilizados por empresas para fins de *marketing*, estimulando o debate sobre direito à privacidade e responsabilidade científica. Ao articular esse cenário com a bioinformática, torna-se possível ampliar a reflexão para o modo como informações genômicas, proteômicas ou clínicas são coletadas, armazenadas e analisadas digitalmente (Goés Neto & Camargo, 2024). A partir daí, os estudantes podem discutir não apenas os aspectos éticos e legais do compartilhamento de dados, mas também a complexidade de seu tratamento computacional, levantando questões sobre segurança digital, confiabilidade dos bancos de dados e implicações sociais da ciência apoiada por grandes volumes de informação.

Outro aspecto relevante refere-se à disseminação de *fake news* científicas em temas ligados à Biologia, como vacinas, biotecnologias e saúde pública. Essas desinformações, muitas vezes impulsionadas pelas redes sociais (Massarani et al., 2021; Oliveira & Oliveira, 2023; Raquel et al., 2022), podem comprometer campanhas de vacinação, gerar rejeição a alimentos transgênicos ou criar pânico em torno de descobertas científicas. Ao trabalhar esses exemplos em sala de aula, os professores podem propor atividades de checagem de

informações, nas quais os alunos confrontam conteúdos duvidosos com fontes científicas reconhecidas, como artigos indexados ou documentos de órgãos oficiais de saúde. Essa prática aproxima a ciência escolar da realidade digital vivida pelos estudantes e os capacita a desenvolver habilidades de checagem, comparação e validação de informações.

Pesquisas mostram que práticas de alfabetização midiática e científica aumentam a resiliência dos jovens diante da desinformação e os capacitam a avaliar criticamente fontes digitais (Kabunge et al., 2025; Lewandowsky et al., 2017; Souza, 2022). Nesse sentido, a Biologia pode se tornar um espaço privilegiado para integrar o ensino de conteúdos curriculares: genética, imunologia, biotecnologia, com a formação de competências digitais e éticas. O resultado é a formação de estudantes que não apenas compreendem conceitos científicos, mas também sabem navegar em um ambiente digital saturado de (des)informações, distinguindo conhecimento confiável de conteúdos manipulados ou infundados.

Essa reflexão se amplia quando se considera a dimensão legal da proteção de dados. De forma transversal, a discussão sobre legislações como a Lei nº 13.709/2018, Lei Geral de Proteção de Dados (Brasil, 2018) pode ser contextualizada para o ambiente escolar, aproximando os estudantes das normas que regulam a coleta, o armazenamento e o compartilhamento de informações pessoais. Ao utilizarem formulários digitais para coletas de dados em experimentos, por exemplo, os alunos podem ser levados a refletir sobre quais informações são realmente necessárias, a quem conceder acesso, por quanto tempo esses dados devem ser mantidos e de que forma garantir a privacidade dos colegas. Esse exercício ajuda a perceber que a ética não está apenas na manipulação de substâncias ou na análise de resultados, mas também na gestão responsável da informação (Moreira & Ribeiro, 2023) que circula em espaços científicos e digitais.

Para além da proteção legal, essa discussão permite introduzir a noção de cidadania digital: compreender que o uso seguro de plataformas online, redes sociais acadêmicas ou bancos de dados exige respeito à privacidade e responsabilidade no compartilhamento de informações (Gomes et al., 2021). No Ensino Médio, isso pode ser exemplificado por atividades em que os estudantes investiguem casos reais de vazamento de dados, debatam os impactos sociais dessas ocorrências e relacionem essas situações ao contexto científico, em que a exposição inadequada de informações pode comprometer a credibilidade de pesquisas e até gerar riscos à sociedade.

Dando continuidade à essa perspectiva, torna-se igualmente necessário considerar as competências digitais para gestão, pesquisa e comunicação. Se, por um lado, a ética e a segurança informacional garantem a confiabilidade dos dados, por outro, é fundamental que os estudantes desenvolvam habilidades para organizar informações, gerir projetos investigativos, produzir relatórios e comunicar resultados em diferentes formatos digitais. Essa categoria amplia a compreensão do papel da Computação no Ensino das Ciências ao destacar que não basta apenas acessar ou proteger dados: é preciso saber utilizá-los de forma crítica e produtiva, transformando-os em conhecimento compartilhado e socialmente relevante.

Competências digitais para gestão, pesquisa e comunicação

No Ensino das Ciências, desenvolver competências digitais significa capacitar os estudantes a gerir dados, conduzir investigações e comunicar resultados com rigor e clareza. Em termos de pesquisa escolar, isso envolve planejar coletas (sensores, formulários), tratar e analisar informações (planilhas, softwares), construir representações (gráficos, modelos, simulações) e traduzir achados em relatórios, infográficos e apresentações multimodais.

Esse conjunto de competências também dialoga com a noção de letramento científico e de dados, uma vez que os alunos precisam aprender não apenas a interpretar números, mas a selecionar, limpar, organizar e atribuir significado às informações (Kjelvik & Schultheis, 2019). Trabalhar com dados reais e autênticos, mesmo que bagunçados ou incompletos, aproxima os estudantes da prática científica contemporânea e os ajuda a compreender que a produção de conhecimento exige decisões metodológicas, transparência e clareza comunicativa.

Ao mesmo tempo, a incorporação de recursos digitais permite explorar múltiplas representações, algo essencial no ensino de conceitos complexos em Física, Química e Biologia. Como aponta Ainsworth (2006), a aprendizagem se torna mais robusta quando os estudantes transitam entre representações simbólicas, gráficas e textuais, entendendo as vantagens e limitações de cada uma.

Além disso, ao utilizar softwares de análise ou plataformas digitais colaborativas, os alunos aprendem a trabalhar em equipe, a documentar resultados de maneira transparente e a comunicar descobertas para diferentes públicos. Esse movimento está em sintonia com a abordagem *Technological Pedagogical Content Knowledge* (Conhecimento Tecnológico Pedagógico de Conteúdo), que evidencia a necessidade de integrar tecnologias digitais de forma equilibrada com os conteúdos científicos e as estratégias pedagógicas, garantindo que o uso das ferramentas fortaleça a compreensão conceitual e o engajamento investigativo (Mishra & Koehler, 2006).

A aplicação desses princípios pode ser observada de maneira concreta no ensino de Física, em que atividades de cinemática, ondas ou circuitos podem articular coleta automatizada (por sensores ou simulações), gestão de dados (planilhas e scripts simples) e comunicação multimodal (relatórios com gráficos e vídeos explicativos). Estudos mostram que práticas ativas orientadas por dados tendem a elevar o desempenho em disciplinas de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), reforçando a importância da integração entre ferramentas digitais e metodologias investigativas (Freeman et al., 2014). Além do tratamento numérico, é crucial explorar múltiplas representações (tabelas, gráficos, animações, diagramas), pois o aprendizado científico se fortalece quando o aluno transita entre representações e compreende seus propósitos e limites (Ainsworth, 2006).

Essas experiências ganham ainda mais sentido quando são acompanhadas por estratégias pedagógicas que incentivam o debate, a interpretação crítica dos resultados e a comparação entre simulações e experimentos reais. Dessa forma, fortalecem não apenas o entendimento conceitual, mas também a compreensão epistemológica da Física, pois o estudante passa a perceber que modelos e simulações não são meras reproduções da realidade, mas

representações construídas, com pressupostos e limitações próprias, um entendimento essencial para sua formação e comunicação científica.

De modo semelhante, no campo da Química, as competências digitais assumem papel fundamental ao possibilitar novas formas de visualização e organização do conhecimento. A modelagem molecular, por exemplo, permite a construção e manipulação de representações tridimensionais, favorecendo a discussão sobre as relações entre estrutura e propriedades. Softwares como *ChemSketch* ou *Fusion 3D* possibilitam que os estudantes interajam com modelos 3D, auxiliando na superação de dificuldades conceituais em conteúdos abstratos como hibridização, orbitais e isomeria (Gusmão, 2023). Outro campo importante é o registro metódico das condições experimentais, como: temperatura, concentração e tempo de reação, que pode ser sistematizado em planilhas digitais ou em plataformas colaborativas, promovendo a organização dos dados e a transparência nos processos de investigação.

A análise de séries temporais, como ocorre em experimentos de espectrofotometria, cromatografia, termodinâmica, eletroquímica, cinética ou equilíbrio químico, também se beneficia de recursos digitais, que permitem gerar gráficos em tempo real e identificar tendências que seriam pouco visíveis apenas pela observação direta. Ao associar essas ferramentas às práticas de laboratório, os estudantes são levados a compreender que a confiabilidade dos resultados depende tanto da precisão da coleta quanto da clareza na comunicação.

Essa perspectiva se amplia quando se considera o papel das representações na aprendizagem em Química. O uso consciente de diferentes registros, articulando os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, facilita a gestão de informações e a comunicação conceitual com precisão, desde que o professor guie por que e como cada representação deve ser utilizada (Celestino, 2021). Nesse sentido, práticas digitais ajudam a tornar mais visíveis os processos invisíveis da Química, aproximando os estudantes de modos de pensar próprios da ciência e estimulando a transição entre diferentes formas de representação, como destacado por pesquisas sobre aprendizagem apoiada em múltiplas representações (Johnstone, 2006; Taskin & Bernholt, 2012).

De forma análoga, na Biologia, o trabalho com bancos de dados abertos, como o *GenBank* em genética, o *Global Biodiversity Information Facility* em biodiversidade ou plataformas de monitoramento ecológico, convida os estudantes a praticar curadoria de dados, que inclui selecionar informações relevantes, verificar sua qualidade, compreender metadados e avaliar a confiabilidade das fontes. Essas práticas favorecem a formação de estudantes mais próximos das práticas autênticas da ciência contemporânea, em que a produção de conhecimento está cada vez mais associada a grandes volumes de dados (Matsuba & Mattedi, 2021) e a processos de análise digital.

Nesse contexto, a comunicação científica em Biologia exige múltiplos letramentos: do texto argumentativo, necessário para interpretar e discutir resultados, às linguagens visuais (mapas, diagramas, representações gráficas), fundamentais para sintetizar e compartilhar informações complexas. Assim, compreender e produzir representações torna-se uma

dimensão constitutiva da alfabetização científica, e não apenas uma etapa acessória ao final do processo (Norris & Phillips, 2003).

Nessa direção, iniciativas didáticas baseadas em dados autênticos têm demonstrado potencial não apenas para ampliar a compreensão de conceitos biológicos, mas também para fortalecer a capacidade dos estudantes de raciocinar cientificamente. A integração de recursos digitais na educação básica surge como estratégia complementar, favorecendo o engajamento discente (Cezar-de-Mello et al., 2023) e ampliando a compreensão sobre como a ciência é produzida, comunicada e aplicada em diferentes contextos sociais.

Inserida nesse cenário, a bioinformática se apresenta como um campo fértil para o desenvolvimento das competências digitais de gestão, pesquisa e comunicação. No âmbito da gestão de dados, os estudantes aprendem a lidar com grandes volumes de informações biológicas, como sequências genômicas e registros de biodiversidade, praticando a curadoria, a seleção e a verificação da qualidade dos dados.

No campo da pesquisa, ferramentas de análise computacional permitem que os alunos explorem relações entre genes, proteínas ou espécies, formulando hipóteses e investigando padrões que seriam inviáveis em atividades puramente experimentais. Por fim, a comunicação científica é fortalecida quando os resultados dessas análises são organizados em relatórios digitais, representados por meio de gráficos, mapas interativos ou infográficos, e compartilhados em apresentações multimídia, ampliando a clareza, a precisão e a acessibilidade das descobertas.

Esse conjunto de práticas evidencia como as competências digitais podem ser articuladas para transformar a forma como os estudantes aprendem e produzem conhecimento científico. É justamente nesse ponto que se insere a próxima categoria: Práticas profissionais e colaborativas de projetos digitais, a qual amplia a discussão para além do espaço da sala de aula e projeta a Computação como mediadora de experiências que simulam o mundo do trabalho científico e tecnológico.

Ao mobilizar atividades colaborativas, gestão de projetos e uso de plataformas digitais, cria-se um ambiente em que os estudantes desenvolvem, de forma prática, habilidades ligadas à cooperação, à responsabilidade compartilhada e à interdisciplinaridade. No Ensino das Ciências, esse movimento possibilita que a aprendizagem esteja cada vez mais próxima de contextos profissionais autênticos, em que a comunicação, a inovação e o trabalho em equipe se tornam dimensões indissociáveis da prática científica.

Práticas profissionais e colaborativas de projetos digitais

Essa categoria, evidencia a potência formativa da Computação ao aproximar o espaço escolar de modos de produção de conhecimento característicos do mundo científico e tecnológico contemporâneo. No Ensino das Ciências, essa aproximação rompe com modelos individualizados e conteudistas de aprendizagem, ao inserir os estudantes em dinâmicas colaborativas que envolvem planejamento, tomada de decisões, negociação de sentidos, divisão de responsabilidades e comunicação pública de resultados, elementos centrais das práticas profissionais atuais em ciência e tecnologia.

Do ponto de vista teórico, esse movimento dialoga com abordagens socioconstrutivistas e socioculturais da aprendizagem, que compreendem o conhecimento como produto de interações sociais mediadas por ferramentas culturais. Estudos clássicos e contemporâneos indicam que a aprendizagem se aprofunda quando os sujeitos participam de atividades coletivas orientadas por objetivos compartilhados, em contextos que simulam práticas autênticas de uma comunidade epistêmica (Lave & Wenger, 2022; Wenger, 1999). Embora esses referenciais tenham sido inicialmente discutidos no âmbito da formação profissional, sua aplicação ao Ensino das Ciências permite compreender projetos digitais colaborativos como espaços legítimos de iniciação científica escolar.

No contexto da BNCC Computação Ensino Médio, as práticas colaborativas associadas a projetos digitais extrapolam o domínio técnico e passam a incorporar competências ligadas à organização do trabalho, à gestão de processos e à responsabilidade coletiva. Ao desenvolver projetos que envolvem programação, modelagem, simulação, análise de dados ou produção de artefatos digitais, os estudantes são levados a vivenciar etapas semelhantes às encontradas em projetos científicos e tecnológicos reais: definição de problemas, levantamento de requisitos, escolha de ferramentas, prototipagem, testagem, validação e socialização dos resultados.

Pesquisas na área de Educação em Ciências têm mostrado que metodologias baseadas em projetos (*Project-Based Learning* – PBL), quando integradas a recursos digitais, favorecem o desenvolvimento de competências científicas e profissionais de forma articulada (Kokotsaki; Menzies & Wiggins, 2016). Diferentemente de atividades pontuais, os projetos digitais colaborativos exigem continuidade, planejamento coletivo e reflexão sistemática sobre o processo, elementos que fortalecem a autonomia intelectual e a capacidade de autorregulação dos estudantes.

No Ensino de Física, por exemplo, projetos colaborativos que envolvem a construção de dispositivos digitais, como sensores, sistemas automatizados ou simulações computacionais, aproximam os alunos de práticas típicas da engenharia e da pesquisa aplicada. Trabalhar em equipe para projetar, testar e aprimorar um sistema permite que conceitos físicos deixem de ser tratados como abstrações isoladas e passem a ser compreendidos em contextos funcionais, nos quais erros, ajustes e iterações fazem parte do processo de aprendizagem (Prince & Felder, 2006). Nesse cenário, a colaboração não se restringe à divisão de tarefas, mas envolve a construção coletiva de explicações e soluções.

Na Química, projetos digitais colaborativos podem assumir a forma de investigações sobre processos industriais, sustentabilidade ou análise de dados experimentais, articulando ferramentas digitais de simulação, planilhas e ambientes colaborativos online. Estudos indicam que o trabalho em grupo mediado por tecnologias favorece a argumentação científica, a tomada de decisões fundamentadas e a compreensão do caráter coletivo da produção do conhecimento químico (Dolmans et al., 2005). Além disso, ao simular práticas profissionais, os estudantes passam a compreender que a Química não se limita ao laboratório escolar, mas está inserida em contextos produtivos, sociais e ambientais mais amplos.

Na Biologia, a colaboração em projetos digitais ganha especial relevância diante da complexidade dos sistemas biológicos e do uso crescente de grandes bases de dados. Projetos que envolvem análise de informações ambientais, epidemiológicas ou genéticas, por exemplo, exigem trabalho coletivo para organizar dados, interpretar padrões e comunicar resultados. Essa dinâmica reflete práticas reais da ciência contemporânea, marcada por colaborações interdisciplinares e redes de pesquisa distribuídas (National Research Council, 2012). Ao vivenciarem essas experiências ainda na educação básica, os estudantes desenvolvem uma compreensão mais realista do fazer científico.

Outro aspecto central dessa categoria refere-se ao desenvolvimento de competências socioemocionais e éticas associadas ao trabalho colaborativo em ambientes digitais. Projetos realizados em plataformas online demandam respeito às contribuições dos colegas, negociação de conflitos, reconhecimento de autoria e uso responsável das tecnologias. A literatura aponta que tais experiências contribuem para a formação de uma ética do trabalho coletivo, fundamental tanto para a ciência quanto para a cidadania digital (Hadwin et al., 2018).

Além disso, ao simular contextos profissionais, os projetos digitais colaborativos favorecem a interdisciplinaridade, um princípio caro ao Ensino das Ciências. Problemas reais raramente se enquadram em uma única disciplina, exigindo articulação entre conhecimentos de Física, Química, Biologia, Matemática e Computação. A gestão coletiva de projetos digitais cria condições para que os estudantes reconheçam essas interconexões, compreendendo a ciência como um campo integrado e dinâmico.

Dessa forma, a categoria Práticas profissionais e colaborativas de projetos digitais revela que a integração da Computação ao Ensino das Ciências não apenas amplia as possibilidades metodológicas, mas também ressignifica o papel da escola como espaço de formação para a participação em práticas sociais complexas. Ao engajar os estudantes em projetos colaborativos mediados por tecnologias digitais, cria-se um ambiente de aprendizagem que articula conhecimento científico, competências profissionais e responsabilidade social, aproximando a ciência escolar das práticas efetivas do mundo contemporâneo.

Conclusão

A análise empreendida neste estudo permitiu compreender a BNCC Computação para o Ensino Médio como um documento curricular que extrapola uma concepção instrumental da tecnologia, revelando-se um artefato formativo com forte potencial epistemológico, pedagógico e investigativo para o Ensino das Ciências. Ao mobilizar a Análise Textual Discursiva como percurso interpretativo, foi possível evidenciar que as competências, habilidades e exemplos pedagógicos presentes no documento se organizam em eixos estruturantes que dialogam diretamente com práticas contemporâneas da Física, da Química e da Biologia, especialmente aquelas orientadas pela investigação científica, pela análise crítica da informação e pelo trabalho colaborativo.

Os resultados sugerem que a Computação, tal como delineada na BNCC, pode ser compreendida como mediadora do fazer científico escolar, especialmente ao favorecer processos de resolução de problemas, modelagem, simulação, análise de dados, formulação e testagem de hipóteses, bem como a comunicação dos resultados em múltiplas linguagens. Essa perspectiva contribui para superar abordagens fragmentadas e conteudistas, ao aproximar os estudantes de modos de pensar e agir próprios das ciências contemporâneas, nos quais a produção do conhecimento se dá de forma iterativa, colaborativa e socialmente situada.

A emergência da categoria “Segurança digital, ética e confiabilidade da informação” reforça a necessidade de compreender o ensino de Ciências em articulação com a formação cidadã. Em um contexto marcado pela circulação acelerada de dados, algoritmos e desinformação científica, a BNCC Computação explicita demandas formativas que atravessam o currículo das Ciências da Natureza, exigindo que estudantes desenvolvam competências para avaliar fontes, interpretar dados com criticidade e agir de forma ética em ambientes digitais. Tal articulação evidencia que a alfabetização científica, hoje, não pode ser dissociada da alfabetização digital e informacional.

De modo complementar, a categoria “Competências digitais para gestão, pesquisa e comunicação” aponta para a centralidade do letramento em dados, da organização de projetos investigativos e da comunicação científica multimodal como dimensões constitutivas da aprendizagem em Ciências. A análise sugere possibilidades de incorporação de práticas investigativas, nas quais os estudantes não apenas acessam informações, mas aprendem a gerenciá-las, interpretá-las e compartilhá-las de forma rigorosa e contextualizada, aproximando a ciência escolar das práticas efetivas da produção científica.

Por fim, a categoria “Práticas profissionais e colaborativas de projetos digitais” evidencia o potencial da Computação para ressignificar o papel da escola como espaço de iniciação às práticas sociais da ciência e da tecnologia. Ao incentivar projetos colaborativos, gestão coletiva de processos e simulação de contextos profissionais, o documento curricular analisado cria condições para que o Ensino das Ciências se articule a experiências formativas mais amplas, nas quais conhecimentos conceituais, competências técnicas, habilidades socioemocionais e responsabilidade social se integram de forma indissociável.

Nesse sentido, este estudo contribui para o campo do Ensino das Ciências ao evidenciar que a BNCC Computação pode ser interpretada não apenas como um documento normativo voltado à inserção da Computação na Educação Básica, mas também como um artefato curricular capaz de sustentar práticas investigativas, críticas e colaborativas na Educação Científica. Ao explicitar eixos formativos e possibilidades de articulação com a Física, a Química e a Biologia, amplia-se a compreensão das interfaces entre currículo, Computação e formação científica no Ensino Médio.

Cabe destacar, contudo, que os resultados desta investigação devem ser compreendidos à luz do escopo adotado. Desenvolvido a partir do campo do Ensino das Ciências, o estudo concentrou-se na interpretação da BNCC Computação para o Ensino Médio, tomando como corpus as competências, habilidades, explicações e exemplos pedagógicos presentes no documento. Assim, não se pretendeu realizar uma análise exaustiva dos fundamentos

teóricos, epistemológicos e curriculares específicos da área da Computação nem de seus eixos estruturantes. Nessa direção, as aproximações estabelecidas com a Física, a Química e a Biologia devem ser compreendidas como possibilidades interpretativas emergentes da análise realizada, destinadas a evidenciar potenciais articulações entre a Computação e a educação científica, permanecendo abertas a aprofundamentos futuros a partir de referenciais próprios da área da Computação.

Como desdobramento, apontam-se tanto a necessidade de investigações empíricas que analisem como essas articulações se concretizam nas práticas docentes e nas experiências de aprendizagem dos estudantes quanto o desenvolvimento de estudos interdisciplinares envolvendo pesquisadores do Ensino das Ciências e da Computação. Tais investigações poderão aprofundar a compreensão dos limites e das potencialidades do documento curricular, bem como subsidiar a construção de modelos formativos, referenciais pedagógicos e sequências didáticas que favoreçam a integração crítica e reflexiva da Computação ao Ensino das Ciências.

Referências

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Amorim, M. C. M. S. (2019). *O ensino de algoritmos para disciplinas de computação no ensino médio: investigando os estilos de aprendizagem* [Tese (Doutorado em Educação), Universidade do Estado do Rio de Janeiro]. <https://www.bdt.d.uerj.br:8443/handle/1/14721>
- Banda, H., & Nzababimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 1-18. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023108>
- Betin, A. M., & Antônio, C. A. (2023). Os impactos da BNCC na política curricular do estado do paraná. *Currículo sem Fronteiras*, 23, 1-32. <http://dx.doi.org/10.35786/1645-1384.v23.1903>
- Bedin, E., & Pino, J. C. D. (2025). Metodologia Dicumba: conjecturas e potencialidades no ensino de Química: uma análise estatística-descritiva. *Educação & Realidade*, 50, 1-26, 2025. <http://dx.doi.org/10.1590/2175-6236122063vs01>
- Birnholtz, J. P. (2006). What does it mean to be an author? The intersection of credit, contribution, and collaboration in science. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 57(13), 1758-1770. <https://doi.org/10.1002/asi.20380>
- Brasil. (2018). *Lei n  13.709, de 14 de agosto de 2018*. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Diário Oficial da União, Brasília, DF. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm
- Brasil. (2022a). *Base Nacional Comum Curricular Computação: complemento à BNCC*. Brasília, DF: Ministério da Educação. https://www.gov.br/mec/pt-br/escolas-conectadas/BNCCComputaoCompletoDiagramado.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Brasil. (2022b). *Resolução CNE/CEB n  1, de 4 de outubro de 2022*. Define normas sobre Computação na Educação Básica – Complemento   Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Diário Oficial da União, Brasília, DF. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-1-de-4-de-outubro-de-2022-434325065>
- Brasil. (2023). *Lei n  14.533, de 11 de janeiro de 2023*. Institui a Política Nacional de Educação Digital. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2023. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/l14533.htm

- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *Paper presented at the American Educational Research Association*, Vancouver. <https://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/AERA2012.pdf>
- Candia, D. G. M., Pagel, C. H., & Beck, V. C. (2024). Invariantes operatórios mobilizados por estudantes do Ensino Médio sobre circuitos em série através do laboratório virtual PhET. *Ensino e Tecnologia em Revista*, 8(1), 1-15. <https://10.3895/etr.v8n1.16284>
- Celestino, J. M. L. (2021). *Análise de aspectos da contextualização, do nível macroscópico, submicroscópico e simbólico em textos sobre "Cinética Química" de livros de Química Geral do ensino superior* [Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Federal do Rio Grande do Norte]. <https://repositorio.ufrn.br/items/d1fd1d46-a8c7-40aa-9045-a2bb396bab87>
- Cezar-De-Mello, P. F. T., Sousa, F. B., Santos, A. C., & Coutinho, T. J. D. (2023). Há espaço para a Bioinformática no Ensino de Biologia? Lições de estudantes do Ensino Médio. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 21(2), 179-191. <https://doi.org/10.16923/reb.v21i2.1050>
- Chan, P., Gerven, T. V., Dubois, J. L., & Bernaerts, K. (2021). Virtual chemical laboratories: A systematic literature review of research, technologies and instructional design. *Computers & Education Open*, 2, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100053>
- Ciriminna, R., Angellotti, G., Petri, G., L., & Pagliaro, M. (2024). Reproducibility in chemistry research. *Heliyon*, 10(14), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33658>
- Costin, C., & Pontual, T. (2020). Curriculum Reform in Brazil to Develop Skills for the Twenty-First Century. In F. M. Reimers (Eds.), *Audacious education purposes: how governments transform the goals of education systems* (p. 47-64). *Springer Open*.
- Davenport, J. L., Rafferty, A. N., & Yaron, D. J. (2018). Whether and how authentic contexts using a virtual chemistry lab support learning. *Journal of Chemical Education*, 95(8), 1250-1259. <https://10.1021/acs.jchemed.8b00048>
- Davis, B., Sumara, D., & Luce-Kapler, R. (2015). *Engaging minds: cultures of education and practices of teaching*. Routledge.
- Denning, P. J. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33-39. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/2998438>
- Dias, R. E. (2021). BNCC no contexto de disputas: implicações para a docência. *Revista Espaço Do Currículo*, 14(1), 1-13. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1983-1579.2021v14n1.57075>
- Domans, D. H. J. M., Grave, W., Wolfhagen, I. H. A. P., & Vleuten, C. P. M. V. D. (2005). Problem-based learning: Future challenges for educational practice and research. *Medical Education*, 39(7), 732-741. <https://10.1111/j.1365-2929.2005.02205.x>
- Douradoro, L. F., Siqueira, M. M. (2019). A arte do disfarce: BNCC como gestão e regulação do currículo. *RBP AE*, 35(2), 291 – 306. <https://seer.ufrgs.br/rbpae/article/view/vol35n22019.95407/53884>
- Ferreira, C. M. (2024). *Medição, incerteza e evidência empírica* [Dissertação (Mestrado em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio de Janeiro]. http://pef.if.ufrj.br/producao_academica/dissertacoes/2024_Caio_Ferreira/dissertacao_Caio_Ferreira.pdf
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415. <http://10.1073/pnas.1319030111>
- Fridman, C., & Menezes, M. A. M. (2024). Você sabia que um teste de ancestralidade pode ajudar a identificar uma pessoa desaparecida ou o autor de um crime? *Genética na Escola*, 19(1), 30-39. <https://doi.org/10.55838/1980-3540.ge.2024.548>
- Fritsch, R., Leite, C., & Lima, R. O. (2022). Curriculum policies and their articulations on the perspective of a more democratic education. *Educação em Revista*, 38, 1-23. <https://doi.org/10.1590/0102-469836572>

- Ghodoosi, B., West, T., Li, Q. Y., Torrisi-Steele, G., & Dey, S. (2023). A systematic literature review of data literacy education. *Journal of Education for Library and Information Science*, 28(2), 112-127. <https://doi.org/10.1080/08963568.2023.2171552>
- Gil, A. C. (2021). *Como fazer pesquisa qualitativa*. GEN Atlas.
- Goés Neto, A., & Camargo, T. M. N. (2024). Aplicações da Inteligência Artificial na Bioinformática: Avanços, Possibilidades e Limites. *BIOINFO*, 4, 2-7. <https://10.51780/bioinfo-04-02>
- Gomes, G. F., Oliveira, K. K. S., & Souza, R. A. C. (2021). Competências da Cidadania Digital: especificação e avaliação de uma proposta de experiência de ensino-aprendizagem. *Revista Gest@o.org*, 19(2), 218-231. <https://doi.org/10.51359/1679-1827.2021.252647>
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K-12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Gusmão, R. M. (2023). *A impressão 3D no ensino de química: projeto e fabricação de modelos moleculares e sua aplicação no ensino de isomeria geométrica e ótica* [Dissertação (Mestrado Profissional no Ensino de Ciências), Universidade Federal do Pampa]. <https://repositorio.unipampa.edu.br/server/api/core/bitstreams/6b79a66e-5f96-4f90-9fd8-b1947dfb3a80/content>
- Hadwin, A., Järvelä, S., & Miller, M. (2018). *Self-regulation, co-regulation, and shared regulation in collaborative learning environments*. In: SCHUNK, Dale; GREENE, Jeffrey A. *Handbook of self-regulation of learning and performance*. Routledge.
- Hurt, T., Greenwald, E., Allan, S., Cannady, M. A., Krakowski, A., Brodsky, L., Collins, M. A., Montgomery, R., & Dorph, Rena. (2023). The computational thinking for science (CT-S) framework: operationalizing CT-S for K-12 science education researchers and educators. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00391-7>
- Johnstone, A. H. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 49-63. <https://doi.org/10.1039/B5RP90021B>
- Kabuenge, N. N., Oliveira, I. C. G., Barros, T. A., Costa, A. C. S., & Lucena, L. C. Alfabetização midiática: enfoques dos estudos a partir da revisão sistemática da literatura. *Revista Eco-Pós*, 28(1), 86-109. <https://doi.org/10.29146/eco-ps.v28i1.28459>
- Kjelvik, M. K., & Schultheis, E. H. (2019). Getting Messy with Authentic Data: Exploring the Potential of Using Data from Scientific Research to Support Student Data Literacy. *CBE—Life Sciences Education*, 18(2), 1-8. <https://www.lifescied.org/doi/epdf/10.1187/cbe.18-02-0023>
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: a review of the literature. *Improving Schools*, 19(3), 267-277. <https://doi.org/10.1177/13654802166597>
- Lave, J., & Wenger, E. (2022). *Aprendizagem Situada: Participação Periférica Legitimada*. Editora UFMG.
- Lavor, O. P., & Oliveira, E. A. G. (2022). Sequência didática no ensino de lançamento oblíquo com auxílio de simulador da plataforma PhET. *Revista Educar Mais*, 6, 515-522. <https://doi.org/10.15536/reducarmais.6.2022.2806>
- Leal, J. R., & Lima, A. M. (2021). Concepção pedagógica da DCN e da BNCC: algumas reflexões (im)pertinentes. *Work. Pap. Linguíst.*, 22(1), 29-49. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/workingpapers/article/view/74467>
- Lewandowsky, S., Ecker, U. K. H., & Cook, J. (2017). Beyond misinformation: understanding and coping with the “post-truth” era. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 6(4), 353-369. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2017.07.008>
- Lima, B. G., Santos, S. M. A. V., Calçada, C. S., Santos, K. K. S., Machado, L. C., Fernandes, M. R. P., & Francio, M. E. S. M. (2025). Explorando o potencial da realidade virtual e aumentada na educação: inovações e aplicações práticas. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 11(1), 2005-2023. <https://doi.org/10.51891/rease.v11i1.17999>

- Listiaji, P., & Molnár, G. (2025). Integrating computational thinking into teacher education: a systematic literature review. *International Journal of Educational Research*, 133, 1-24.
<https://doi.org/10.1016/j.ijer.2025.102682>
- Liu, Z., Gearty, Z., Richard, E., Orrill, C. H., Kayumova, S., & Balasubramanian, R. (2024). Bringing computational thinking into classrooms: a systematic review on supporting teachers in integrating computational thinking into K-12 classrooms. *International Journal of STEM Education*, 11(51), 1-18.
<https://doi.org/10.1186/s40594-024-00510-6>
- Lopes, C., Garcia, A. L., Oliveira Junior, R., & Silva, R. M. (2025). Ética na comunicação científica: navegando entre princípios e algoritmos. *Práxis Educativa*, 20, 1-13.
<https://doi.org/10.5212/PraxEduc.v.20.24849.039>
- Luz, R., & Prudêncio, C. A. V. (2024). Quando a educação ambiental e a educação CTS se encontram: aspectos centrais de uma articulação crítica. *Alexandria*, 17(1), 1-34. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2024.e93938>
- Macedo, E. (2014). Base Nacional Curricular Comum: novas formas de sociabilidade produzindo sentidos para educação. *Revista e-Curriculum*, 12(3), 1530-1555.
<https://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/21666>
- Macedo, E. (2015). Base Nacional Comum para Currículos: direitos de aprendizagem e desenvolvimento para quem? *Educ. Soc., Campinas*, 36(133), 891-908.
<https://www.scielo.br/j/es/a/MxBmvSrKfGnFRrm5XsRWzgg/abstract/?lang=pt>
- Massarani, L., Waltz, I., Leal, T., & Modesto, M. (2021). Narrativas sobre vacinação em tempos de fake news: uma análise de conteúdo em redes sociais. *Saúde Soc.*, 30(2), 1-16.
<https://doi.org/10.1590/S0104-12902021200317>
- Matias, M. P. (2019). *Simulação no PhET (Physics Education Technology) para lançamento de projéteis e oficina de construção e lançamento de foguetes de garrafas PET* [Dissertação (Mestrado em Ensino de Física), Universidade Federal Rural de Pernambuco].
<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/8358>
- Matos, K. F. O., & Matos, N. S. (2024). Letramento científico e tecnológico: os desafios para formação do pesquisador na educação superior. *Inovação, Gestão & Tecnologia*, 4(7), 104-122.
<https://fatecbarueri.edu.br/revista/index.php/ingetec/article/view/118>
- Matsuba, D. S., & Mattedi, A. P. (2021). Visualização de dados para extração de conhecimento: um estudo de caso. *AtoZ: Novas práticas em informação e conhecimento*, 10(2), 66-77.
<https://doi.org/10.5380/atoz.v10i2.79184>
- McCorry, A., & Reiss, M. J. (2023). *The place of ethics in science education: implications for practice*. Bloomsbury.
- Meirelles, A. T., Cunha, L. R., Verdival, R., & Lage, C. (2023). Testes genéticos de ancestralidade: a proteção biojurídica da informação genética e o consentimento do titular. *Revista Direito UNIFACS – Debate Virtual*, 274, 1-18. <https://revistas.unifacs.br/index.php/redu/article/view/8165>
- Melo, K. M. S., & Gama, C. N. (2022). Curricular reforms in Brazil: Limits and possibilities of an extension course offered during the pandemic. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 17(2), 1591-1610. <https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/15447/13438>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Moraes, R., & Galiuzzi, M. C. (2016). *Análise Textual Discursiva*. Editora Unijuí.
- Moreira, J. R., & Ribeiro, J. B. P. (2023). Letramento e competência informacional e as relações éticas na gestão da informação e do conhecimento no contexto da inteligência artificial. *Brazilian Journal of Information Science: research trends*, 17, 1-20. <https://10.36311/1981-1640.2023.v17.e023047>
- National Research Council (U.S.). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press.

- Nogueira, B. (2025). A emergência do pensamento complexo e sua influência na pesquisa educacional. *Educação: Teoria e Prática*, 35(69), 1-16. <https://doi.org/10.18675/1981-8106.v35.n.69.s19153>
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224-240. <https://doi.org/10.1002/sce.10066>
- Ocampo, L. M., Corrales-Álvarez, M., Cardona-Torres, S. A., & Zapata-Cáceres, M. (2024). Systematic review of instruments to assess computational thinking. *Education Sciences*, 14(10), 1-25. <https://doi.org/10.3390/educsci14101124>
- Oliveira, A. F. M., & Oliveira, S. M. P. (2023). Fake News e divulgação científica: um estudo sobre o caso Atila Iamarino. *Revista Docência e Ciberultura*, 7(2), 141-163. <https://doi.org/10.12957/redoc.2023.67918>
- Oliveira, K. R., Medeiros, L. M. S., & Fagundes, M. F. (2023). Um educar por competências: análise crítica da parte introdutória da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). *Unifunec Científica Multidisciplinar*, 12(14), 1-13. <https://seersuporte.unifunec.edu.br/index.php/rfc/article/view/5639>
- Pereira, A. S. T., & Sampaio, F. F. (2008). AVITAE: desenvolvimento de um ambiente de modelagem computacional para o ensino de biologia. *Ciências & Cognição*, 13(2), 51-70. <https://revista.cienciasecognicao.org/index.php/cec/article/view/219/118>
- Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123-138. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x>
- Raquel, C. P., Ribeiro, K. G.; Alencar, N. E. S., Souza, D. F. O., Barreto, I. C. H. C., & Andrade, L. O. M. (2022). Os caminhos da ciência para enfrentar fake news sobre covid-19. *Saúde Soc.*, 31(4), 1-16. <https://10.1590/s0104-12902022210601pt>
- Sá-Silva, J. R., Almeida, C. D., & Guindani, J. F. (2009). Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. *Revista Brasileira de História & Ciências Sociais*, 1(1), 1-15. <https://doi.org/10.63595/rbhcs.vii.10351>
- Selwyn, N. (2016). *Education and technology: key issues and debates*. Bloomsbury Academic.
- Shute, V., J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142-158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Silva, D. R., Kurtz, F. D., & Santos, C. P. (2020). Computational thinking and TPACK in science education: a southern-Brazil experience. *Revista Paradigma*, 41, 529-549. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.0.p529-549.id912>
- Silva, I. P., & Mercado, L. P. L. (2019). Revisão sistemática de literatura acerca da experimentação virtual no ensino de Física. *Ensino & Pesquisa*, 17(1), 49-77. <https://doi.org/10.33871/23594381.2019.17.1.2381>
- Silva, S. L. R., & Patel, I. (2024). O uso do PhET colorado como recurso pedagógico para o ensino de circuitos elétricos no ensino médio. *ARACÊ*, 6(3), 9932-9954. <https://doi.org/10.56238/arev6n3-333>
- Silva, S. L. R., Souza, L. H. M. (2024). Abordagens gamificadas para o ensino de física: sequência didática para o estudo de satélites e GPS. *ARACÊ*, 6(3), 6799-6820. <https://doi.org/10.56238/arev6n3-150>
- Sousa, I. J., Macêdo, H. R. A. (2024). Uso do simulador PhET para potencializar ensino e aprendizagem de circuitos elétricos simples em uma turma de 8º ano. *Revista Criar Educação*, 13(1), 1-17. <https://doi.org/10.18616/ce.v13i1.8528>
- Souza, K. J. (2022). *Alfabetização Midiática e Informacional: uma análise sobre as práticas docentes no ensino de Biologia* [Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Federal do Maranhão]. <http://tedeufma.br:8080/jspui/handle/tede/4237>
- Sperotto, M. E. D., Schumann, M. R., Gattermann, B., & Costa, G. M. (2025). Ambiente prático de aprendizagem com o uso de laboratórios e museus virtuais para o Ensino de Ciências, Biologia, Química e Física. *Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem*, 11, 341-354. <https://rebena.emnuvens.com.br/revista/article/view/295>

- Taskin, V., & Bernholt, S. (2012). Students' understanding of chemical formulae: A review of research and its implications for teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 157-185. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.744492>
- Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P., & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 715-728. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-015-9412-6>
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127-147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Wenger, E. (1999). *Communities of practice: learning, meaning, and identity*. Cambridge University Press.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Witte, V., Schwering, A., & Frischemeier, D. (2024). Strengthening data literacy in K-12 education: a scoping review. *Education Sciences*, 15(1), 1-19. <https://doi.org/10.3390/educsci15010025>
- Zacharia, Z. C., & Jong, T. (2014). The effects on students' conceptual understanding of electric circuits of introducing virtual manipulatives within a physical manipulatives-oriented curriculum. *Cognition and Instruction*, 32(2), 101-158. <https://doi.org/10.1080/07370008.2014.887083>